



優先権主張出願
出願国 アメリカ合衆国
出願日 1970年10月30日
出願番号 85,332号
特許願 (特許法第38条ただし書)
昭和46年10月29日

② 特願昭 46-85656 ① 特開昭 47-9446
④ 公開昭 47.(1972)5 15
審査請求 無 (全 7 頁)

⑨ 日本国特許庁

⑬ 公開特許公報

- 特許庁長官 井土 武久 殿
- 発明の名称
コロ ヨウソ ソンショウ ケンシュツ ソウチ
転がり要素の損傷を検出する装置
 - 特許請求の範囲に記載された発明の教 2
 - 発明者
住 所 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、
モヘガン・ロード、1034番
氏 名 ブジョーン・ウェイクトロット (1名)
 - 特許出願人
住 所 アメリカ合衆国、12305、ニューヨーク州、
スケネクタディ、リバーロード、1番
名 称 ゼネラルエレクトリック・カンパニー
代表者 アントン・ジュー・ウィリイ
国 籍 アメリカ合衆国
 - 代理人
住 所 107 東京都港区赤坂1丁目11番41号
オ1興和ビル 電話(584) 5303
氏 名 (6927) 久松 一兵衛
 - 添付書類の目録
(1) 明 細 書 1通
(2) 図 面 1通
(3) 優先権証明書及びその訳文 各1通 (追 完)
(4) 委任状及びその訳文 各1通
46 085056

庁内整理番号

⑤ 日本分類

6621 24	112 H02
6461 31	53 A20
6578 33	53 B1



明 細 書

- 発明の名称
転がり要素の損傷を検出する装置
- 特許請求の範囲
(1) 対の係合している転がり要素の内、/つの
転がり要素の損傷が、該転がり要素の回転周
期に対応する周期及び該転がり要素の他の振
動のレベルより高い尖頭値を持つ振動成分を
生ずるようになっている時に、該損傷を検出
する装置に於て、転がり要素に結合されてそ
の振動を感知すると共に該振動を第1の電気
信号に変換する振動感知装置と、該第1の信
号から該第1の電気信号の尖頭値に対応する
第2の信号を取出す手段と、上記第1の電気
信号から該電気信号の振動の平均値に対応す
る第3の信号を取出す手段と、第2の信号及
び第3の信号の振動の比に対応する比信号を
取出す手段と、上記振動成分の尖頭値に対応
する上記比信号の予定のレベルに反応して上
記損傷を検出する表示手段とを有する装置。

(2) 前記振動成分の振動を他の振動の振動に対し
て強める信号増強手段を有する、特許請求の
範囲第1番目に記載の装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、軸受又は歯車要素のように、
転がり係合している機械要素の欠陥を早期に検
出する方法及び装置に関する。

現に使用中の軸受の初期の破損を検出する
方法は、眼でみるものか、聴覚のかゝる解体及
び組立て直しを要するものか、或いは軸受自体
によって発生される振動信号の振動に頼るもの
である。軸受から来る振動信号の振動は、軸
受の状態を表わすとは限らない。違つて製造業
者が作つた新しい軸受は、それに用いた最終
研削方法の違いの為、信号の振動が異なる。
同じ製造業者が作つた軸受でも、振動信号の振
動変化を信頼性をもつて軸受の状態に関係づけ
ることは出来ない。更に、軸受の製造中に生
じる数多くの研削による引つかかり傷が全体的な
雑音信号を高めるから、新しい軸受の雑音信

ナ- (1)

ナ- (2)

号は、これまで使つて来た良い軸受より高いのが普通である。使用中に、軸受の面が次第に磨かれ、その結果、それから出て来る雑音信号が可成り減る。軸受が疲労すると、凹みや欠けが生じ、これによつて、動作サイクルの僅かな部分だけに、振幅の大きい信号が現われる。この時でも、全体としては振動レベルが小さいことがある。

従つて、軸受から得られる全体的な振動信号レベルに頼る方法は、初期の破損を調べるものとしては、完全な信頼性又は十分な感度がない。継続中の米国特許出願通し番号第 23252 号 (1970 年 3 月 27 日出願) には、軸受又は歯車集成本体から来る尖頭信号を振動信号又は音の信号から分離し、尖頭信号を軸受又は歯車集成本体の要素に於ける局部的な欠陥と相関させ、初期の破損を判断する方法が記載されている。この発明は、所要の信号感度がそれ程高くない或る場合に適するように、前掲米国特許出願に記載される方法を簡単にすることを目指すものである。

従つて、この発明の目的は、係合している転

ナ- (3)

けられる。更に、この電気信号から、整流された電気信号の平均値に対応する第 3 の信号を取出す信号処理回路が設けられる。第 2 及び第 3 の信号の振幅の比に対応する比信号を取出す比回路も設けられる。電気信号中のその平均値に対する第 2 の予定のレベルを持つ尖頭値に対応した予定のレベルの比信号に反応するレベル感応表示装置が設けられる。

この発明に特有と考えられる新規な特徴は、特許請求の範囲に記載してあるが、この発明自体、並びにその他の目的及び利点は、以下図面について説明する所からよく理解されよう。

転がり要素を用いた軸受は、設計及び動作を正しくすれば、軸受面に目立つた疲労を生ぜずその作用を果たす。然し、疲労が無視出来るとしても、軸受面上を通る転がり要素の循環的な荷重により、材料の疲労が生じ、或る時間が経つと、表面欠陥が現われ始める。これらの欠陥は最初は数が少なく、局部的である。最初の欠陥が生ずるまでの期間は、過剰速度、潤滑不良、腐食等

ナ- (5)

がり要素の集成本体の外部で測定した振動信号を処理して、転がり要素の欠陥の有無に関する情報を与える手段を提供することである。

この発明の別の目的は、軸受から来る振動信号の絶対的なレベルに関係なく、軸受の初期の損傷又は破損に対応する尖頭値が信号中にあることを表示する簡単な手段を提供することである。

この発明の他の目的は、係合している転がり要素の欠陥を検出する為の、容易に自動化し得る振動処理手段を提供することである。

この発明の他の目的は、雑音がある環境内で普通に動作している間に軸受の小さい表面欠陥を検出することが出来る簡単な装置を提供することである。

軸受集成本体に於ける損傷の検出に用いた場合、この発明を実施すると、軸受の動作中に、軸受集成本体の振動が感知され且つ電気信号に変換される。この電気信号が広帯域濾波器で濾波されて、その有効信号成分を強める。この電気信号から、その尖頭値に対応する第 2 の信号を取出す手段が設

ナ- (4)

により相当細かくなることがあり、従つて通常は計算することが出来ない。一旦最初の表面欠陥が起ると、軸受はその寿命中の新しい段階に入り、この間は疲労又は破損速度がかなり大きくなり、そして最後にその作用をしなくなる。従つて、軸受の破損を予測するには、初期の表面欠陥を、数も少なく局部的である内に検出することが不可欠である。

第 1 図に軸受 1 を示す。軸受 1 は、欠陥 3 がその中にある内レース 2 と、外レース 4 と、内レース及び外レースの間にある玉 5 とを含む。この発明はそれ以外は滑らかである面内の欠陥が他の任意の滑らかな面と転がり接触する際に、衝撃が発生される事を利用する。例えば、玉軸受 1 の内レース 2 内の凹み 3 は、玉がその上を転がる度に衝撃が発生する。軸受は対称的な形であるから、軸受が略一定の速度で回転していれば、欠陥が時間的に略等間隔で一連の衝撃が発生する。引続く 2 つの衝撃の間の時間间隔は、軸受の速度、形状及び欠陥の場所に関係する。

ナ- (6)

第2図は軸受1を断面で示しており、内レース2が軸10を支持し、外レース4が支持構造11に取付けられている。この発明による検出装置は、軸受1に隣接して支持構造11に取付けられた加速度計15と、加速度計から来る振動信号の予定の周波数範囲を通過させる帯域伊波器16と、帯域伊波器からの信号を増幅する自動利得制御(AGC)増幅器17とを含む。更に、信号の尖頭値を検出する、時定数回路19を含む尖頭値検出回路18と、AGC増幅器17からの信号の自乗平均を求める自乗平均検出回路20と、信号の振幅尖頭値と自乗平均値の比を求める割算回路21と、単独の過渡的な雑音の影響を最小限に押える長時定数回路22と、信号の予定のレベルに忠告して警報装置24の様な適当な表示手段を作動するメータ駆動装置23とが含まれている。加速度計15は機械的な振動を電気信号に変換し、この電気信号の振幅が機械的な振動の加速度成分に応じて変化する。このような装置は特に衝撃に対して敏感である。加速度計は、軸受からの

ナ- (7)

19を形成し、出力端子31及び32の間に並列に接続されている。増幅器17からの交番電圧が尖頭値検出回路18の入力端子30、32に印加され、整流され、尖頭電圧がその出力端子の間に現われる。端子31、32の間に現われる尖頭電圧は、回路19の時定数に従って振幅が減衰する。回路19の時定数は、軸受の反復的な衝撃によつて電気信号中に生ずる尖頭値の台間の期間中、その両端に発生した電圧を実質的に保持するように選ばれる。

増幅器17からの出力が、ポテンシオメータ38を介して、電気信号の平均値を決める回路20にも印加される。図示の実施例では、検出回路20が自乗平均検出器である。自乗平均検出器は、その入力に印加された交番信号の自乗平均値であり且つ信号の平均エネルギー量を残す出力を発生する。この自乗平均検出器は、ニューヨーク州のトランスマグネテックス社によつて作られたシリーズ742/9742のような検出器であつてよい。勿論、信号の平均値を出す他の回路を利

ナ- (9)

特開 昭47-9446 (3)

振動に対する応答をよくする為に、軸受1に接近して支持構造11に取付けられる。伊波器16は普通の伊波器で、背景雑音をなくすと共に、抄出したい尖頭信号を通過させる。自動利得制御増幅器17は普通の自動利得制御増幅器である。この増幅器の利得を電気信号の尖頭値によつて制御し、出力を予定のレベルに保つと共に、電気信号中の大きな尖頭値がクリップされないようにすることが好ましい。希望によつては、整流された電気信号の平均値に応じて、増幅器の利得を制御することが出来る。増幅器17の出力が尖頭値検出回路18と自乗平均検出回路20に供給される。

尖頭値検出回路18は入力端子30と、出力端子31と、入出力共通端子32とを含む。尖頭値検出回路は一方導電装置、即ち陽極34及び陰極35を持つ整流器33をも含む。陽極34が入力端子30に接続され、陰極35が出力端子31に接続され、共通端子32が大地に接続される。コンデンサ36及び抵抗37が時定数回路

ナ- (8)

用してもよい。自乗平均検出器の出力が、割算器21の分母端子41に印加される。尖頭値検出器18の出力が緩衝増幅器39及びポテンシオメータ40を介して、割算器21の分子端子42に印加される。割算器21の商端子43から、分子及び分母端子に印加される信号の商を表わし且つ加速度計から得られる信号の尖頭値と自乗平均値との比を表わす信号が得られる。ポテンシオメータ38及び40は、割算器21の分子及び分母端子に対する信号チャンネルの利得の調節により、装置の感度を変える作用をする。割算器21は数ある割算器の内の任意のもの、例えば、ニューヨーク州のトランスマグネテックス社によつて作られたシリーズ450のアナログ割算器であつてよい。

長時定数回路22は入力端子50、出力端子51及び入出力共通端子52を含む。長時定数回路22は、直列限流抵抗53、一方導電装置、即ち陽極55及び陰極56を持つ整流器54、及び時定数回路をも含む。この時定数回路は、容

ナ- (10)

量値が異なるコンデンサ 58、59 と、抵抗 60 と、アーム 62 及び 3 つの接点 63、64、65 を持つスイッチ 61 とを含む。整流器の陽極 55 が抵抗 53 を介して入力端子 50 に接続され、整流器の陰極 56 が出力端子 51 に接続される。スイッチのアーム 62 が整流器の陰極 56 に接続される。コンデンサ 58 が接点 64 と端子 52 の間に接続され、コンデンサ 59 が接点 65 と端子 52 の間に接続される。抵抗 60 が出力端子 51、52 の間に接続される。長時定数回路 22 の出力回路の時定数は、適当なコンデンサ 58 又は 59 を抵抗 60 と並列に入れて所望の時定数が得られるようにスイッチのアーム 62 を設定することにより、制御することが出来る。回路 22 の出力の時定数は、調査する軸受要素の回転の周期に較べて比較的大きくなるように選ぶ。従つて、加速度計 15 の出力信号が周期的な尖頭信号を含み、或る / 回転と次の / 回転とで発生される出力が漂遊並びにランダムな原因の為に若干変化する時、回路 22 は計算器 21 の出力に対して平

ナ-011

によつて感知される信号のグラフ 74 が示されている。グラフの縦軸は電圧の振幅、横軸は時間を表わす。信号中の衝撃の尖頭値 75 は、欠陥 3 をその上に有する第 1 図の軸受の内レース 2 の回転の周期を表わす期間 T が隔つてゐる。メータ継電器の指針 26 が、それに印加される入力の予定の値に設定される。例えばその値は、第 3 図のグラフのレベル 76 によつて表わされる様な、振幅の尖頭値と自乗平均値との比に相当するものであつてよい。こうすると、このレベルをこえる尖頭値はどれもメータ継電器 23 を作動し、それが次に警報装置 24 を作動し、これから、このレベルを越えたと云う事実が可視的に又は可聴的に表示される。監視されている軸受にどんな欠陥もない場合、時々外部の源からの過渡的な尖頭値が現われるであろうが、規則的に発生する尖頭信号が現われない。外部の源からの過渡的な尖頭値は、尖頭値検出器 18 によつて検出されるが、長時定数回路 22 によつて排除され、従つてメータ継電器 23 を作動しない。この時定数

ナ-013

時間 47-9446 (4)
均化作用を持つ。長時定数回路 22 の出力がメータ継電器 23 に印加される。メータ継電器は、普通に入手し得るこの種の色々な装置の内の任意のものであつてよく、例えば、マサチューセッツ州にあるゼネラル・エレクトリック・コンパニー・リミテッドの計器部門によつて作られる無接点メータ継電器であつてよい。これは所定レベルの入力に回答して / 対の接点を作動する。継電器の接点が閉じたことを利用して、それに接続された警報装置 24 を作動し、特定レベルの入力がメータ継電器 23 に印加されたことを表示する。メータ継電器のつまみ 25 が指針 26 をメータ継電器の面上で所望のレベルに設定する。入力信号によつて継電器のメータ要素がそのレベルと同一線上に来るか又はそれをこえたと、メータ継電器の入力回路の負荷とはならず、継電器の接点を作動され、警報装置 24 のような外部装置を作動する。

次に第 3 図について説明すると、この図には軸受 1 によつて発生され且つ第 2 図の加速度計 15

ナ-02

回路の時定数は、例えば検査する軸受要素の回転の周期の 100 倍であつてよい。装置の動作中、加速度計からの信号のレベルが種々の理由で変化しても、自乗平均値及び尖頭値が同時に変化するから、計算器から得られる比は変化しない。従つて、装置は、信号の尖頭値と平均値の比が予定の値をこえた時に警報を発するように設定することが出来、この設定状態は装置を別の軸受に使う時に変える必要がない。

第 2 図の装置は、軸受単成体のみならず、歯車集成体に於ける欠陥の検出にも利用することが出来る。第 4 図に歯車伝動装置 80 を示す。伝動装置 80 は複数個の歯車 81、82、83 を含み、これらが夫々軸 84、85、86 に装着され、伝動装置のハウジング内の軸受（図示してない）に支持される。歯車 81 が歯車 82 と噛合い、歯車 82 が歯車 83 と噛合う。軸 84 に動力を加え、軸 86 から動力を取出すことが出来る。1 歯数は歯車 81 が最も多く、歯車 83 が最も少ない。歯車 82 の歯 87 に表面欠陥 88 があり、例えば刻み目がつ

ナ-04

いており、歯車 81 の歯との噛合せ面が平坦でなくなる。歯車 81 が一定速度で回転すると、時間的に等間隔の一連の衝撃が発生される。歯車集成体がかんりの騒音を発し、特に監視している歯車以外の歯車要素に欠陥が起り得る。この為、複雑な一連の尖頭値が発生することがある。歯車集成体の要素の数が少なければ、監視する歯車要素の近くに感知装置を配線し、それから来る信号を、軸受の信号処理について示した第 2 図の装置によつて直接的に処理することが出来る。然しかなり数の歯車を持つ歯車伝動装置では、感知装置によつて感知された伝動装置からの振動を更に処理するか又は信号を強めて、監視されている特定の歯車要素によつて発生される振動を表わす又はそれに特有な信号を求めなければならない。この特有の振動信号を得る方法も第 4 図に示されている。

第 4 図の装置も、加速度計 90 からの信号を増幅する前置増幅器 91 と、外來の背景振動又は雑音信号を除く帯域濾波器 92 と、濾波された

ナ-05

算された標本化サイクルのノサイクルの平均出力を発生する。加算解析装置は、解析すべき信号を印加する入力端子と、標本化サイクルを開始する為に同期装置 97 からの同期パルス又はトリガ・パルスを印加する同期端子とを備えている。一旦開始すると、加算解析装置は、予定数の標本を順々にとり、各々の標本の信号レベルをその記憶装置に貯蔵する。その後のトリガ・パルスによつて再びトリガされると、標本化サイクルが繰返され、そのサイクルの各々の標本が前のノつ又は複数のサイクルの夫々の標本に加えられる。予定数のサイクルを実行して平均を出した後、加算解析装置が自動的に表示又は読出しモードに作動され、この時、信号標本の何サイクルかの和の平均が、装置の出力端子に供給され、希望に応じて表示されるか又は更に信号の処理がなされる。ノサイクルあたりにとる信号標本の数は任意に定めることが出来、標本のサイクルの持続時間も、検査している循環的な現象に合わせて、任意に定めることが出来る。

ナ-07

特開 昭47-9446 (5)
信号に対する増幅器 93 と、隨意選択による整流器 94 と、整流信号を印加する加算解析装置 95 とを含む。増幅された信号の整流は、加算解析装置に於ける信号の相殺をさせるのに役立つ。若しそうしないと、加算しようとする次々の信号素が時間的に正確に同じ所になければ、信号の相殺が起り得る。以後の解析によつて、整流は必ずしも必要ではない。更に装置は、駆動軸 84 に対して機械的に結合された速度発電機 96 と、周波数変換器及び加算解析装置同期装置 97 とを含む。同期装置 97 は、速度発電機からの信号を、監視される歯車 82 の周期性と同じ周期性を持つトリガ信号に変換する。トリガ信号が加算解析装置 95 に印加され、その動作を同期させる。

加算解析装置 95 は、カリフォルニア州のヒューレット・パッカート・カンパニーによつて作られる 5480 型信号解析装置のような装置であり、各サイクルに複数の標本を含んでいる複数の信号標本化サイクルを加算し、加

ナ-06

加算解析装置 95 の出力が、第 2 図の AGC 増幅器 17 の入力に、濾波器 16 からの信号の代りに印加される。AGC 増幅器 17 の出力から得られる信号が、軸受の欠陥の検出の場合と同じく、尖頭値検出器 18、RMS 検出器 20、割算器 21、長時定数回路 22、メータ継電器 23 及び警報装置 24 によつて処理されて、歯車の欠陥を表示する。

第 5 図は、歯車 82 の欠陥 88 によつて生じた振動を加算解析装置 95 で測つた時の、尖頭値 99 を持つ振動のグラフ 98 を示している。グラフの縦軸は電圧の振幅、横軸は時間である。全体的信号 98 の自乗平均値に対する尖頭値 99 の予定のレベル 1.00 が、メータ継電器の指針 26 をその目盛上で尖頭レベル 100 に対応するように設定することにより、第 2 図の装置によつて自動的に表示される。この発明を実施した装置の特別の利点は、信号の絶対的なレベルによらず、相対的な測定のみに関係することである。従つて、装置は感知装置又は増幅器の感度変化に

ナ-08

よつて影響を受けないし、感知装置が軸受又は歯車のハウジングに接近しているかぎり、感知装置をどこに配置するかによつても影響を受けない。

この発明は、特許請求の範囲の記載に関連して、次の実施態様をとりうる。

(i) 転がり要素が軸受の転がり要素であること。

(ii) / 対の転がり要素が歯車であり、一方の歯車の歯が他方の歯車の歯に係合していること。

(iii) 第3の信号を取出す手段が、第1の電気信号を整流したものゝ平均値に対応する平均値信号を取出すこと。

(iv) 第3の信号を取出す手段が、第1の電気信号の自乗平均に対応する平均値信号を取出すこと。

(v) 此信号を取出す手段から表示手段に至る信号路に界面回路を設け、該回路の時定数を転がり要素の回転の周期に対して大きくすること。

△ 図面の簡単な説明

第1図は軸受の一部を示す断面図で、欠陥

を持つ内レースと、外レースと、1つの玉とを示している。第2図は第1図に示した軸受内の欠陥を検出する場合に用いたこの発明の実施例を示したこの発明の装置のブロック図、第3図は第2図に示した軸受内の欠陥に応じて同図の振動変換器から出力を増幅して濾波した電気信号のグラフ、第4図は歯車伝動装置内の欠陥を検出する場合に第2図の装置を用いる時の変更を例示する装置の一部分を略図で示したブロック図、第5図は第4図の歯車伝動装置内の欠陥を持つ歯車を監視した時、同図の装置の出力に得られる信号のグラフである。

主な符号の説明

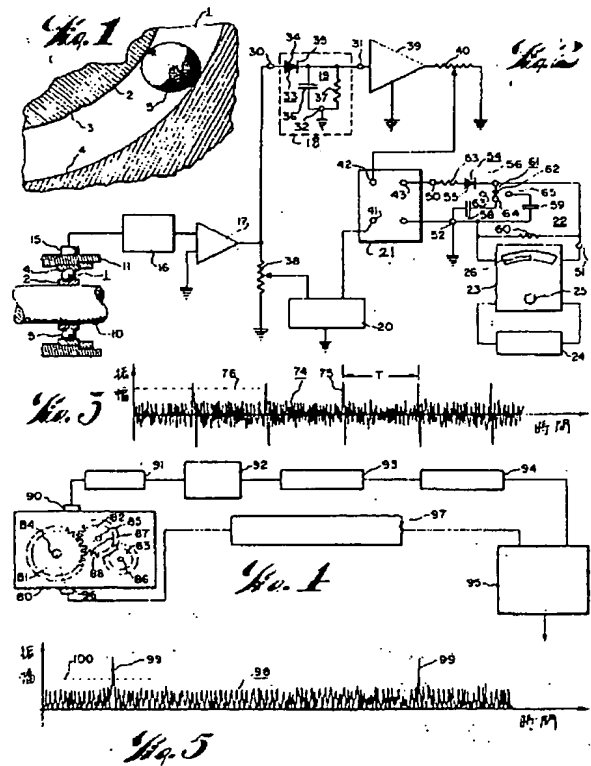
- 1 : 軸受
- 2 : 内レース
- 3 : 欠陥
- 4 : 外レース
- 15 : 加速度計
- 16 : 帯域濾波器
- 18 : 尖鋭値検出回路

ナ-09

ナ-20

- 20 : 自乗平均検出回路
- 21 : 割算器
- 23 : メーク继电器
- 24 : 警報装置
- 81, 82, 83 : 歯車
- 88 : 欠陥

特許出願人ゼネラル・エレクトリック株式会社
代理人(6927) 久松一兵衛



7. 前記以外の発明者

住 所 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スゲネクタデイ、
ミロン・ストリート、1245番

氏 名 バーナード・ダレル

以下余白

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☒ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.